

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-197647

(43)Date of publication of application : 12.07.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/84

G11B 5/02

G11B 5/86

(21)Application number : 2000-390935

(71)Applicant : MITSUBISHI CHEMICALS CORP

(22)Date of filing : 22.12.2000

(72)Inventor : IKEDA YOSHIYUKI

ARITA YOJI

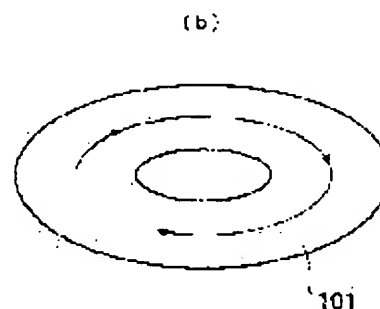
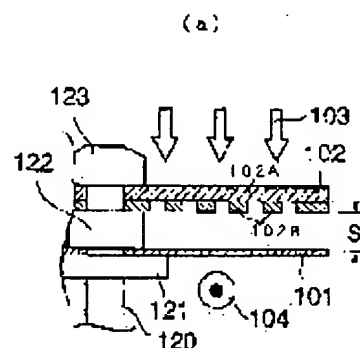
SEO YUZO

(54) MAGNETIZATION PATTERN FORMING METHOD FOR MAGNETIC RECORDING MEDIUM, MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDING DEVICE AS WELL AS PHOTOMASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To rapidly and inexpensively provide a magnetic recording medium and a magnetic recording device which are less affected by interference fringes, are high in the accuracy of magnetization patterns and small in the modulation of the output signal of the magnetization patterns and permit high-density recording.

SOLUTION: This magnetization pattern forming method for the magnetic recording medium includes a process step of locally heating the irradiated portions of a magnetic layer by irradiating the magnetic recording medium 101 having the magnetic layer on a substrate with energy rays through a photomask 102 provided with the transparent portion and non-transparent portions of the energy rays and a process step of impressing external magnetic fields to the magnetic layer. The film thickness  $d$  of the non-transparent layer 102B of the energy rays formed on the transparent substrate 102A of the photomask 102 is  $(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm}$   $d (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$  ( $m$  is an odd natural number,  $\lambda$  is the wavelength of the energy rays in the air).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	7-コード <sup>*</sup> (参考)		
G 1 1 B	5/84	G 1 1 B	5/84	Z	5 D 0 9 1
	5/02		5/02	Z	5 D 1 1 2
	5/86		5/86	C	
	1 0 1			1 0 1 A	
				1 0 1 B	

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2000-390935(P2000-390935)

(22)出願日 平成12年12月22日(2000.12.22)

(71)出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72)発明者 池田 祥行

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(72)発明者 有田 陽二

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(74)代理人 100086911

弁理士 重野 剛

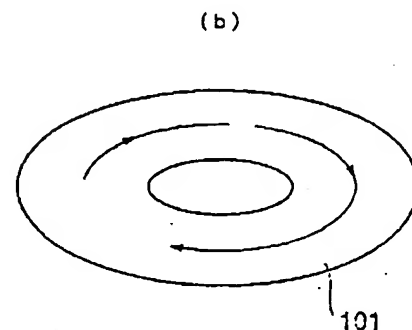
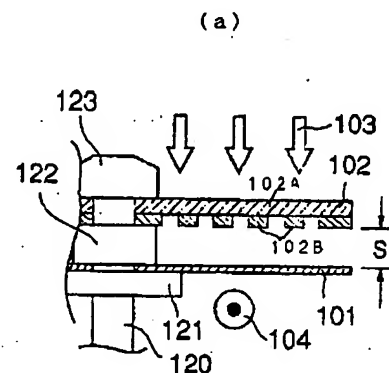
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気記録媒体の磁化パターン形成方法、磁気記録媒体及び磁気記録装置、並びにフォトマスク

## (57)【要約】

【課題】 局所加熱と外部磁界印加を組み合わせる磁気記録媒体に磁化パターンを形成する技術において、干渉縞を防止して微細な磁化パターンを効率よくかつ精度よく形成する。これにより、干渉縞の影響が少なく、磁化パターンの精度が高く、磁化パターンの出力信号のモジュレーションが小さい、高密度記録が可能な磁気記録媒体と磁気記録装置を短時間かつ安価に提供する。

【解決手段】 基板上に磁性層を有してなる磁気記録媒体101に対し、エネルギー線の透過部と非透過部が設けられたフォトマスク102を介してエネルギー線を照射して該磁性層の被照射部を局所的に加熱する工程と、該磁性層に外部磁界を印加する工程とを含む磁気記録媒体の磁化パターン形成方法。フォトマスク102の透明基材102A上に形成されたエネルギー線の非透過層102Bの膜厚dは、 $(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$  (mは奇数の自然数、λはエネルギー線の空気中での波長)である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に磁性層を有してなる磁気記録媒体に対し、透明基材上にエネルギー線の非透過層が形成されることにより、エネルギー線の透過部と非透過部が設けられたフォトマスクを介してエネルギー線を照射して該磁性層の被照射部を局所的に加熱する工程と、該磁性層に外部磁界を印加する工程とを含む磁気記録媒体の磁化パターン形成方法であって、  
該フォトマスクの透明基材上に形成されたエネルギー線の非透過層の膜厚  $d$  が、

$$(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$$

(ただし、 $m$  は奇数の自然数、 $\lambda$  はエネルギー線の空気中での波長とする) を満たすことを特徴とする磁気記録媒体の磁化パターン形成方法。

【請求項 2】  $m$  が 1、3 又は 5 である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法。

【請求項 3】 前記フォトマスクの透過部と非透過部の反射率差が 20% 以内である、請求項 1 又は 2 に記載の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法。

【請求項 4】 前記フォトマスクの非透過層が、クロム層と該クロム層を覆う酸化クロム層との積層膜からなる、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法。

【請求項 5】 前記フォトマスクの基材が石英を主とする材料で構成されている、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法。

【請求項 6】 磁化パターン形成の際、該フォトマスクが該磁気記録媒体との間の距離が 1 mm 以下の間隙を保って配置される、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法により磁化パターンが形成されてなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 8】 磁気記録媒体と、磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対移動させる手段と、磁気ヘッドへの記録信号入力と磁気ヘッドからの再生信号出力を行うための記録再生信号処理手段とを有する磁気記録装置であって、磁気記録媒体が請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法により磁化パターンが形成されてなる磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 9】 磁気記録媒体を装置に組みこんだ後、前記磁化パターンを磁気ヘッドにより再生して信号を得、該信号を基準としてサーボバースト信号を該磁気ヘッドにより記録してなる、請求項 8 に記載の磁気記録装置。

【請求項 10】 基板上に磁性層を有してなる磁気記録媒体に対し、透明基材上にエネルギー線の非透過層が形成されることにより、エネルギー線の透過部と非透過部

が設けられたフォトマスクを通してエネルギー線を照射して、該磁性層の被照射部を局所的に加熱する工程と、該磁性層に外部磁界を印加する工程とを含む磁気記録媒体の磁化パターン形成方法に用いるフォトマスクであって、

該透明基材上に設けられたエネルギー線の非透過層の膜厚  $d$  が、

$$(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$$

(ただし、 $m$  は奇数の自然数、 $\lambda$  はエネルギー線の空気中での波長とする) を満たすことを特徴とするフォトマスク。

【請求項 11】  $m$  が 1、3 又は 5 である、請求項 10 に記載のフォトマスク。

【請求項 12】 前記透過部と非透過部の反射率差が 20% 以内である、請求項 10 又は 11 に記載のフォトマスク。

【請求項 13】 前記非透過層がクロム層と該クロム層を覆う酸化クロム層との積層膜からなる、請求項 10 ないし 12 のいずれか 1 項に記載のフォトマスク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気記録装置に用いられる磁気ディスクなどの磁気記録媒体の磁化パターン形成方法とそれに使用するフォトマスクに関する。本発明はまた、該フォトマスクを用いて作成した磁気記録媒体と磁気記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術及び先行技術】 磁気ディスク装置（ハードディスクドライブ）に代表される磁気記録装置はコンピュータなどの情報処理装置の外部記憶装置として広く用いられ、近年は動画像の録画装置やセットトップボックスのための記録装置としても使用されつつある。

【0003】 磁気ディスク装置は、通常、磁気ディスクを 1 枚或いは複数枚を串刺し状に固定するシャフトと、該シャフトにベアリングを介して接合された磁気ディスクを回転させるモータと、記録及び／又は再生に用いる磁気ヘッドと、該ヘッドが取り付けられたアームと、ヘッドアームを介してヘッドを磁気記録媒体上の任意の位置に移動させることのできるアクチュエータとからなる。

【0004】 記録再生用の磁気ヘッドは通常浮上型ヘッドで、磁気ディスク上を一定の浮上量で移動している。また、浮上型ヘッドの他に磁気ディスクとの距離をより縮めるために、コンタクトヘッド（接触型ヘッド）の使用も提案されている。

【0005】 磁気ディスク装置に搭載される磁気記録媒体（磁気ディスク）は、一般にアルミニウム合金などからなる基板の表面に  $\text{NiP}$  層を形成し、所要の平滑化処理、テキスチャリング処理などを施した後、その上に、

金属下地層、磁性層（情報記録層）、保護層、潤滑層などを順次形成して作製されている。あるいは、ガラスなどからなる基板の表面に金属下地層、磁性層（情報記録層）、保護層、潤滑層などを順次形成して作製されている。

【0006】磁気記録媒体には面内磁気記録媒体と垂直磁気記録媒体とがあり、面内磁気記録媒体は、通常、長手記録が行われる。

【0007】磁気記録媒体の高密度化は年々その速度を増しており、これを実現する技術には様々なものがある。例えば、磁気ヘッドの浮上量をより小さくしたり磁気ヘッドとしてGMRヘッドを採用したり、また、磁気ディスクの記録層に用いる磁性材料を保磁力の高いものにするなどの改良や、磁気ディスクの情報記録トラックの間隔を狭くすることなどが試みられている。例えば、100Gbit/inch<sup>2</sup>を実現するには、トラック密度は100ktpi以上が必要とされる。

【0008】各トラックには、磁気ヘッドを制御するための制御用磁化パターン、例えば磁気ヘッドの位置制御に用いる信号や同期制御に用いる信号が形成されている。高密度化のために、情報記録トラックの間隔を狭めてトラック数を増加させると、データ記録/再生用ヘッドの位置制御に用いる信号（以下、「サーボ信号」と言うことがある。）もそれに合わせてディスクの半径方向に対して密に、すなわちより多く設けて精密な制御を行えるようにしなければならない。

【0009】一方で、データ記録以外に用いる領域、即ちサーボ信号に用いる領域や該サーボ領域とデータ記録領域の間のギャップ部を小さくしてデータ記録領域を広くし、データ記録容量を上げることも高密度化のために必要となる。このためにはサーボ信号の出力を上げたり同期信号の精度を上げる必要がある。

【0010】従来、磁気記録媒体の製造に広く用いられている方法は、ドライブ（磁気記録装置）のヘッドアクチュエータ近傍に穴を開け、その部分にエンコーダ付きのピンを挿入し、該ピンでアクチュエータに係合し、ヘッドを正確な位置に駆動してサーボ信号を記録するものである。しかし、この方法では、位置決め機構とアクチュエータの重心が異なる位置にあるため、高精度のトラック位置制御ができず、サーボ信号を正確に記録するのが困難であった。

【0011】一方、レーザビームを磁気ディスクに照射してディスク表面を局所的に変形させ物理的な凹凸を形成することで、凹凸サーボ信号を形成する技術も提案されている。しかし、この方法では、ディスク表面の凹凸により浮上ヘッドが不安定となり、記録再生に悪影響を及ぼす；凹凸を形成するために大きなパワーを持つレーザビームを用いる必要がありコストがかかる；凹凸を1つずつ形成するために時間がかかる；といった問題があった。

【0012】このため、最近では新しいサーボ信号の形成法が提案されている。

【0013】一例は、高保磁力の磁性層を持つマスターディスクに、サーボパターンを形成し、マスターディスクを磁気記録媒体に密着させるとともに、外部から補助磁界をかけて磁化パターンを転写する方法である（USP5,991,104号）。

【0014】他の例は、媒体を予め一方に磁化しておき、マスターディスクに高透磁率で低保磁力の軟磁性層をパターンニングし、マスターディスクを媒体に密着させるとともに外部磁界をかける方法である。この方法では、軟磁性層がシールドとして働き、シールドされていない領域に磁化パターンが転写される（特開昭50-60212号公報（USP3,869,711号）、特開平10-40544号公報（EP915456号）、Digest of InterMag. 2000, GT-06、参照）。この技術では、マスターディスクを用い、強力な磁界によって磁化パターンを媒体に形成している。

【0015】一般に、磁界の強度は距離に依存するので、磁界によって磁化パターンを記録する際には、漏れ磁界によってパターン境界が不明瞭になりやすい。そこで、漏れ磁界を最小にするためにマスターディスクと磁気記録媒体を密着させることが不可欠である。そしてパターンが微細になるほど、隙間なく完全に密着させる必要があり、通常、両者は真空吸着などにより圧着される。また、媒体の保磁力が高くなるほど、転写に用いる磁界も大きくなり、漏れ磁界も大きくなるため、更に完全に密着させる必要がある。

【0016】従って、上記技術は、保磁力の低い磁気ディスクや圧着しやすい可撓性のフロッピー（登録商標）ディスクには適用しやすいが、硬質基板を用いた、高密度記録用の保磁力が3000Oe以上もあるような磁気ディスクへの適用が非常に難しい。即ち、硬質基板の磁気ディスクは、マスターディスクとの密着の際に微小なゴミ等を挟み込み媒体に欠陥が生じたり、或いは高価なマスターディスクを痛めてしまう恐れがあった。特に、ガラス基板を用いた場合、ゴミの挟み込みで密着が不十分になり磁気転写できなかったり、磁気記録媒体にクラックが発生したりするという問題があった。

【0017】また、特開昭50-60212号公報に記載されたような技術では、ディスクのトラック方向に対して斜めの角度を有したパターンは、記録は可能であるが信号強度の弱いパターンしか作れないという問題があった。即ち、保磁力が2000~2500Oe以上の高保磁力の磁気記録媒体に対しては、転写の磁界強度を確保するために、マスターディスクのパターン用強磁性体（シールド材）は、パーマロイあるいはセンダスト等の飽和磁束密度の大きい軟磁性体を使わざるを得ない。しかし、斜めのパターンでは、磁化反転の磁界はマスター

10

20

30

40

50

ディスクの強磁性層が作るギャップに垂直方向となつてしまい、所望の方向に磁化を傾けることができない。その結果、磁界の一部が強磁性層に逃げてしまい磁気転写の際に所望の部位に十分な磁界がかかりにくく、十分な磁化反転パターンを形成できず、高い信号強度が得にくくなってしまう。こうした斜めの磁化パターンは、再生出力が、トラックに垂直のパターンに対してアジマスロス以上に大きく減ってしまう。

【0018】これに対して、特願2000-134608号及び特願2000-134611号明細書には、局所加熱と外部磁界印加を組み合わせる磁気記録媒体に磁化パターンを形成する技術が記載されている。例えば、媒体を予め一方に磁化しておき、パターンニングされたフォトマスクを介してエネルギー線等を照射し局所的に加熱し、該加熱領域の保磁力を下げつつ外部磁界を印加し、加熱領域に外部磁界による記録を行い、磁化パターンを形成する。

【0019】本技術によれば、加熱により保磁力を下げ外部磁界を印加するので、外部磁界が媒体の保磁力より高い必要はなく、弱い磁界で記録できる。そして、記録される領域が加熱領域に限定され、加熱領域以外には磁界が印加されても記録されないため、媒体にマスク等を密着させなくても明瞭な磁化パターンが記録できる。このため圧着によって媒体やマスクを傷つけることなく、媒体の欠陥を増加させることもない。

【0020】また、本技術では従来のようにマスターディスクの軟磁性体によって外部磁界をシールドする必要がないため、斜めの磁化パターンも良好に形成できる。

【0021】この磁化パターン形成方法に用いられるフォトマスクは、所望の磁化パターンに相当する透過部と非透過部を備えているマスクであればよく、例えば、石英ガラス、ソーダライムガラス等の透明原盤上にCr等の金属をスパッタリング形成し、その上にフォトレジストを塗布し、エッチング等によって、所望の透過部と非透過部を作成することができる。この場合は原盤上のCr層を有する部分がエネルギー線非透過部、原盤のみの部分が透過部となる。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】このように、特願2000-134608号及び特願2000-134611号明細書に記載された磁化パターン形成技術は、各種の微細な磁化パターンを効率よくかつ精度よく形成でき、しかも磁気記録媒体やマスクを傷つけることなく媒体の欠陥を増加させることもない優れた技術であるが、本技術においては、次の理由によりフォトマスクを使用する際にパターン面に干渉縞が形成される可能性があり、このことが磁化パターンの精度を低下させる原因となっていた。

【0023】即ち、フォトマスクを一度透過した光は、磁気記録媒体に当たり、ほとんどは磁気記録媒体面に吸

収されてしまうが、一部は反射する。反射した光は、再びマスク面にあたりその一部がマスク面で反射され干渉縞を形成する。干渉縞が形成されるとエネルギー線にマスクパターンと異なるエネルギー線の濃淡パターンを形成してしまい、磁化パターンの出力信号のモジュレーションが悪化してしまう。

【0024】そこで、本発明は、このような問題を解決し、局所加熱と外部磁界印加を組み合わせる磁気記録媒体に磁化パターンを形成する技術において、微細な磁化パターンを効率よく更に精度よく形成することができる磁気記録媒体の磁化パターン形成方法及びそれに用いるフォトマスクを提供し、これにより、より一層の高密度記録が可能な磁気記録媒体及び磁気記録装置を短時間かつ安価に提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法は、基板上に磁性層を有してなる磁気記録媒体に対し、透明基材上にエネルギー線の非透過層が形成されることにより、エネルギー線の透過部と非透過部が設けられたフォトマスクを介して、エネルギー線を照射して該磁性層の被照射部を局所的に加熱する工程と、該磁性層に外部磁界を印加する工程とを含む磁気記録媒体の磁化パターン形成方法であって、該フォトマスクの透明基材上に形成されたエネルギー線の非透過層の膜厚 $d$ が、 $(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$ （ただし、 $m$ は奇数の自然数、 $\lambda$ はエネルギー線の空気中での波長とする）を満たすことを特徴とする。

【0026】本発明のフォトマスクは、基板上に磁性層を有してなる磁気記録媒体に対し、透明基材上にエネルギー線の非透過層が形成されることにより、エネルギー線の透過部と非透過部が設けられたフォトマスクを通してエネルギー線を照射して該磁性層の被照射部を局所的に加熱する工程と、磁性層に外部磁界を印加する工程とを含む磁気記録媒体の磁化パターン形成方法に用いるフォトマスクであって、透明基材上に設けられたエネルギー線の非透過層の膜厚 $d$ が、 $(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$ （ただし、 $m$ は奇数の自然数、 $\lambda$ はエネルギー線の空気中での波長とする）を満たすことを特徴とする。

【0027】この磁化パターン形成方法によれば、磁化パターンを形成するにあたり局所加熱と外部磁界印加を組み合わせるので、従来のように強い外部磁界を用いる必要がない。そして、加熱領域以外に磁界が印加されても磁化されないため、磁区形成を加熱領域に限定できる。このため、磁区境界が明瞭となり、磁化遷移幅が小さく磁区の境界での磁化遷移が非常に急峻で出力信号の品質が高いパターンを形成することができ、条件を選択することにより磁化遷移幅を $1 \mu \text{ m}$ 以下にすることも可能である。

【0028】そして、従来のように磁気記録媒体とマスターディスクを圧着させる必要がないので、媒体やマスクを傷つけることなく、媒体の欠陥を増加させる虞れもなく、トラックに対して斜めの磁化パターンも良好に形成できる。

【0029】また、局所加熱にエネルギー線を用いるので、加熱する部位の大きさやパワーの制御がしやすく、磁化パターンを精度よく形成できる。

【0030】また、このフォトマスクを一旦作製すれば、どのような形状の磁化パターンも媒体上に形成できるため、複雑なパターンや従来法では作りにくかった特殊なパターンも容易に形成できる。

【0031】例えば、磁気ディスクの位相サーボ方式には、内周から外周に、半径及びトラックに対して斜めに直線的に延びる磁化パターンが用いられる。このような、半径方向に連続したパターンや半径に斜めのパターンは、ディスクを回転させながら1トラックずつサーボ信号を記録する従来のサーボパターン形成方法では形成しにくかった。本発明によれば、複雑な計算や複雑な装置構成を必要とせず、このような磁化パターンを一度の照射で簡便かつ短時間に形成できる。

【0032】このフォトマスクは、磁気ディスク全面を覆うものでなくても、磁化パターンの繰り返し単位を含む大きさであればよく、それを移動させて使用することができるため、簡便かつ安価に作成できる。

【0033】また、エネルギー線のビーム径を大径又は横に細長い楕円形等として、複数トラック分又は複数セクター分の磁化パターンを一括して照射すれば、書き込み効率が一段と上がり、今後の容量の伸びに伴いサーボ書き込み時間が増大するといった問題も改善され非常に好ましい。

【0034】フォトマスクは、形成すべき磁化パターンに対応して磁気ディスク面上にエネルギー線の濃淡（強度分布）を形成するものであればよいが、パターンに応じてエネルギー線を透過する透過部を有するフォトマスクが、簡単かつ安価に作成できる点で好ましい。

【0035】そして、本発明ではフォトマスクの非透過層の膜厚 $d$ を、 $(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$ （ただし、 $m$ は奇数の自然数、 $\lambda$ はエネルギー線の空気中での波長とする）とする。

【0036】フォトマスクの非透過層をこのような膜厚で形成することにより、フォトマスクの透過面での反射と非透過面での反射とが逆位相となり、これらが互いに打ち消し合うので、反射の影響が軽減され、干渉縞の生成が抑えられ、精度のよい磁化パターンの形成が可能となる。

【0037】非透過層は、 $d = (m \times \lambda / 4)$ の膜厚に形成するのが最も好ましいが、 $\pm 10 \text{ nm}$ 程度のずれがあっても本発明の効果が得られる。

【0038】即ち、前述の如く、フォトマスクを介して

入射したエネルギー線は、磁気記録媒体に当たり、ほとんどは磁気記録媒体面に吸収されてしまうが、一部は反射する。そして、「媒体面と、マスク面の透過部のあいだで反射されるエネルギー線」と「媒体面と、マスク面の非透過部のあいだで反射されるエネルギー線」とになる。なお、エネルギー線としては通常、位相のそろったレーザが使用される。

【0039】レーザは本来直進性が高いので、フォトマスクに垂直に入射していれば理論的には「媒体面と、マスク面の非透過部のあいだで反射されるエネルギー線」は無い。しかし通常、レーザは対物レンズで絞られてマスクに入射するので、斜めに入射することが多い。このため「媒体面と、マスク面の非透過部のあいだで反射されるエネルギー線」は存在する。

【0040】本発明によれば、フォトマスクの非透過層の膜厚 $d$ を、 $(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$ とすることで「媒体面と、マスク面の透過部のあいだで反射されるエネルギー線」と「媒体面と、マスク面の非透過部のあいだで反射されるエネルギー線」で $\lambda / 4$ の2倍（往復分） $= \lambda / 2$ の光路差が発生し、ちょうど半波長ずれることになる。半波長ずれることで、位相が逆になるので、両者は打ち消しあい、弱めあう。これにより、反射の影響が軽減され、干渉縞の生成が抑えられ、精度のよい磁化パターン形成ができる。

【0041】干渉縞の影響を軽減するためには、エネルギーパワーを磁気記録媒体面が損傷しないパワーまで上げ、磁界も室温での磁区の方に影響しない程度に上げて磁化パターンを形成することが有効であるが、このような条件を採用しても完全に干渉縞の影響を取り去ることは難しかった。また、生産時においては、磁気記録媒体自身のうねりなどによって、干渉縞の強度が異なるので、生産品全てに適した、パワーと磁界を設定するのは難しかった。これに対して、本発明によれば、磁化パターン形成工程を大きく変えることなく、干渉縞の生成を抑えることができる。

【0042】本発明において、前記膜厚の式における $m$ は1、3、5のいずれかであることが好ましい。即ち、 $m$ を徒に大きくしても干渉の効果の面では同等である。非透過層の材質や緻密さによって十分な非透過能が得られる膜厚は異なるが、製造コストや製造時間の点からは、十分な非透過能が得られる範囲で $m$ は小さいほうがよい。ただし、非透過層の材質によっては膜厚が薄すぎると十分な非透過性が得られない（透けてしまう）可能性があるため、 $m=3$ が特に好ましい。

【0043】また、フォトマスクの透過部と非透過部の反射率差は20%以内であることが好ましい。即ち、透過部と非透過部の反射光同士を干渉させて打ち消す効果を大きくするには、透過部と非透過部の反射率の差が小さく、同程度であることが好ましい。

10

20

30

40

50



【0044】また、フォトマスクの基材は石英を主とする材料で構成されていることが好ましく、フォトマスクの非透過層は、クロム層と該クロム層を覆う酸化クロム層との積層膜であることが好ましい。即ち、石英は紫外域のエネルギー線の透過性が高いため、特に微細加工がしやすい300nm以下の短波長のエネルギー線を使用することができるという利点がある。そして、透過部は石英ガラスなどで反射率は概ね5%程度であり、一方でクロムは非常に反射率が高いので、その表面を反射率約18%の酸化クロムで覆うのが好ましい。

【0045】本発明による磁化パターン形成の際、フォトマスクは磁気記録媒体との間の距離が1mm以下の間隙を保って配置されることが好ましい。この距離が1mmよりも大きいと、エネルギー線の回折が大きく、磁化パターンがぼやけてしまいやすく、好ましくない。

【0046】本発明の磁気記録媒体は、このような本発明のフォトマスクを使用して本発明方法に従って磁化パターンを形成したものであり、干渉縞の影響が少なく、磁化パターンの精度が高く、磁化パターンの出力信号のモジュレーションが小さい良好な磁気記録媒体となる。特にサーボパターンを形成する際には、位置決め精度にモジュレーションの大きさが大きく影響するので効果が大きい。この時のモジュレーション (Mod) とは、同一パターン領域の平均出力をTAA (トータルアベレージアンプリチュード)、その領域内の最大値と最小値をそれぞれ、AMPmax、AMPminとしたとき、 $Mod = (AMPmax - AMPmin) / TAA \times 100$ で表される。ただし、TAA、AMPmax、AMPmin共にピークtoピークの値である。モジュレーションの値は、サーボトラッキング精度を考え、好ましくは25%以下、更に好ましくは10%以下である。

【0047】本発明の磁気記録装置は、磁気記録媒体と、磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対移動させる手段と、磁気ヘッドへの記録信号入力と磁気ヘッドからの再生信号出力を行うための記録再生信号処理手段とを有する磁気記録装置であって、磁気記録媒体として、このような本発明のフォトマスクを使用して本発明の磁化パターン形成方法により磁化パターンが形成されてなる磁気記録媒体を用いたものであり、高精度なサーボパターン等の磁化パターンが形成された磁気記録媒体を用いることから、高密度記録が可能であり、また、媒体に傷がなく欠陥も少ないため、エラーの少ない記録を行うことができる。

【0048】この磁気記録装置であれば、磁気記録媒体を装置に組み込んだ後、磁化パターンを磁気ヘッドにより再生して信号を得、この信号を基準としてサーボバースト信号を磁気ヘッドにより記録することができる。

【0049】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照して本発明の実

施の形態について説明する。

【0050】まず、図1を参照して本発明のフォトマスクを用いる磁化パターン形成方法について説明する。図1(a)は、本発明のフォトマスクを用いた磁化パターン形成方法の実施の形態を示す模式的な断面図であって、図1(b)は磁気ディスクの磁化方向を示す模式的な斜視図である。

【0051】まず、磁気記録媒体 (磁気ディスク) 101を外部磁界により予め周方向の一方向に様に磁化する (図1(b))。その後、磁気記録媒体101をスピンドル120に取り付ける (図1(a))。即ち、ターンテーブル121上に配し、スペーサ122を介してフォトマスク102を取付け、更に押さえ板123を載せ、図示しない留めネジにより固定する。磁気記録媒体101とフォトマスク102の間にはスペーサ122によるスペースSが形成される。この状態でパルス状レーザビーム103を照射すると同時に外部磁界104を印加する。この外部磁界は、先に磁気記録媒体101に様に磁化した際の外部磁界とは逆方向である。

【0052】磁化パターンの形成に際しては、形成すべき磁化パターンに応じて複数の透過部 (透明基材102A) と非透過部102Bを形成したフォトマスク102を用意し、これを通して磁気記録媒体101の磁性層上にレーザビーム103を照射する。この照射に当たり、ビーム径を大径又は横に細長い楕円形等として、複数トラック分又は複数セクター分の磁化パターンを一括して照射すれば、記録効率が一段と上がり、今後の容量の伸びに伴いサーボ記録時間が増大するといった問題も改善され非常に好ましい。

【0053】本発明においては、このような磁化パターン形成方法において、フォトマスク102として、透明基材102A上に設けられたエネルギー線の非透過層102Bが形成されてなり、この非透過層102Bの膜厚dが、 $(m \times \lambda / 4) - 10 \text{ nm} \leq d \leq (m \times \lambda / 4) + 10 \text{ nm}$  (ただし、mは奇数の自然数、λはエネルギー線の空気中での波長とする) を満たすものを用いる。

【0054】mは上記式中、奇数の自然数であればいくつでもよいが、使用するエネルギー線を十分遮光できる非透過層102Bを形成する点、及び光の回折現象からm=1, 3, 5程度で使用することが、微細なパターンを得る上では好ましい。例えば、波長が248nmのKrFエキシマレーザでは、非透過層の膜厚dは、62nm、186nm、310nm程度である。mを徒に大きくしても干渉効果の面では効果は同等である。非透過層102Bの材質や緻密さによって十分な非透過能が得られる膜厚は異なるが、製造コストや製造時間の点からは、十分な非透過能が得られる範囲でmは小さいほうがよい。

【0055】エネルギー線の遮光度合いは、非透過層が同じ膜厚でも、膜の緻密さ即ち、膜付けの工程によって



も異なるため、成膜工程によって、所望のパターンが形成できる範囲内で $m$ を選択することが好ましい。材質によっては膜厚が薄すぎると十分な非透過性が得られない(透けてしまう)可能性があるため、 $m=3$ が特に好ましい。

【0056】また、フォトマスクの透過部と非透過部の反射率差は20%以内であることが好ましい。即ち、透過部と非透過部の反射光同士を干渉させて打ち消す効果を大きくするには、透過部と非透過部の反射率の差が小さく、同程度であることが好ましい。

【0057】フォトマスク102の透明基材102Aとしては、エネルギー線を十分透過するものであれば良いが、石英を主とする材料で構成されているのが好ましい。石英を主とする材料とは、石英が70%以上含まれる材料をいう。石英ガラスは比較的高価ではあるが、紫外域のエネルギー線に対して透過性が高いため、特に微細加工がしやすい300nm以下の短波長のエネルギー線を使用することができるという利点がある。これより長い波長のエネルギー線を使用する場合は、コストの点から光学ガラスを使うのがよい。透明基材102Aの厚さはいくつでもよいが、基材にたわみが生じず、安定的に平坦度を出すためには通常1~20mm程度が好ましい。

【0058】また、フォトマスクの非透過層は、クロム層と酸化クロム層との積層膜であることが好ましい。即ち、透過部は石英ガラスなどで反射率は概ね5%程度であり、一方でクロムは非常に反射率が高いので、その表面を反射率約18%の酸化クロムで覆うのが好ましい。非透過部表面を反射率約18%の酸化クロムとすれば、媒体面で反射したエネルギー線が再度マスク面で反射される量が少なく、石英ガラスとの反射率差が小さいので好ましい。

【0059】本発明のフォトマスク102の製造法の一例としては、石英などのマスク基材102Aの上に、まずクロムを成膜し、その上に酸化クロムを成膜する。クロムの成膜方法としては、スパッター、蒸着、塗布などの方法がある。ただし、緻密な膜を形成するという観点からは、スパッター法が好ましい。また、酸化クロムの成膜方法も同様の手法が用いられるが、その他にクロムを酸化させるために酸素と反応させながら成膜する方法も採用することができる。

【0060】次いで、クロム、酸化クロムの積層膜上に、レジストをスピンコート等により塗布し、所望のパターンに露光する。露光後、そのパターンに従い、クロム、酸化クロムをエッチングして除去することにより、非透過層102Bを形成してフォトマスクを得ることができる。

【0061】なお、クロムと酸化クロムとの積層膜で形成される非透過層102Bの各膜の膜厚は、非透過層102Bの積層膜の膜厚 $d$ が前述の式を満たし、かつ、十

分な非透過性と所望の反射率が得られる程度であれば良いが、一般的には前述の式を満たす非透過層の積層膜の膜厚 $d$ に対して、クロム膜の膜厚が50~90%(即ち、 $d \times 0.5 \sim 0.9$ )、酸化クロム膜の膜厚が10~50%(即ち、 $d \times 0.1 \sim 0.5$ )の範囲であることが好ましい。

【0062】このようにして非透過層102Bを形成したフォトマスク102は、この非透過層102Bによる凸部が形成されたものとなる。このフォトマスク102は非透過層Bの形成面が磁気ディスク101に対面するように配置する。

【0063】このようなフォトマスクを用いて磁化パターンを形成する際、フォトマスク102は、磁気記録媒体101との間の距離(図1(a)のスペースS)が1mm以下の間隙を保って配置されるのが好ましい。この間隙がこれより大きいとエネルギー線の回折が大きくなり、磁化パターンがぼやけてしまいやすい。

【0064】ただし、フォトマスク102と磁気記録媒体101との間の間隙は0.1 $\mu$ m以上あることが好ましく、これにより、ゴミ等の挟み込みによる磁気記録媒体101やマスク102の傷つき、欠陥発生を抑えることができる。即ち、間隙を0.1 $\mu$ m未満とすると磁気記録媒体101の表面のうねりによって、磁化パターン形成部分がフォトマスク102と予期せぬ接触を起こしてしまうことがあり、フォトマスク102又は磁気記録媒体101を損傷してしまう恐れがある。また、接触部分で媒体の熱伝導度が変わるため、そこだけ磁化されやすさが特異的に変化し、所望のパターン通りに描けないおそれがある。また、磁化パターン形成前に磁気記録媒体101に潤滑層が設けられている場合は、特に、フォトマスク102にこの潤滑剤が付着するのを防止するため、フォトマスク102と磁気記録媒体101との間に0.1 $\mu$ m以上の間隙を設けるのが好ましい。この間隙はより好ましくは0.2 $\mu$ m以上とする。

【0065】磁気記録媒体101の磁化パターン形成領域とフォトマスク102との間隙を保つ方法としては、両者を一定距離に保てる方法であればよく、図1(a)に示す如く、両者の間の、磁化パターン形成領域以外の場所にスペーサ122を挿入してもよいが、その他、例えばフォトマスクと磁気記録媒体とを特定の装置により支持して一定距離を保っても良い。また、フォトマスク自体に、スペーサを一体的に形成しても良い。特に、フォトマスクと磁気記録媒体との間に、媒体の磁化パターン形成領域の外周部又は及び内周部にスペーサを設けると、磁気記録媒体の表面のうねりを矯正する効果が生まれるので磁化パターン形成の精度を上げることができ、好ましい。

【0066】スペーサ102の材質は硬質のものが良く、また、パターン形成に外部磁界を用いるので磁化されないものが良い。好ましくは、ステンレス、銅などの

金属や、ポリイミドなどの樹脂である。このスペーサ102の高さは、フォトマスク102と磁気記録媒体101との間に所定の間隙Sを形成できればよく、任意に設定されるが、通常、数 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ である。

【0067】なお、本発明において、局所加熱と外部磁界印加との組み合わせの態様には種々考えられるが、好ましくは、前述の如く、外部磁界を印加して磁気記録媒体101の磁性層を予め所望の方向に均一に磁化した後、磁気記録媒体101を局所的に加熱すると同時に外部磁界を印加して加熱部を該所望の方向とは逆方向に磁化して磁化パターンを形成する。この方法によれば、互いに逆向きの磁区が明瞭に形成されるので、信号強度が強くC/N及びS/Nが良好な磁化パターンが得られる。

【0068】次に、本発明におけるエネルギー線について説明する。

【0069】エネルギー線は連続照射よりもパルス状にして加熱部位の制御や加熱温度の制御を行うのが好ましい。特に、パルスレーザ光源の使用が好適である。パルスレーザ光源はレーザをパルス状に断続的に発振するものであり、連続レーザを音響光学素子(AO)や電気光学素子(EO)などの光学部品で断続させパルス化したものに比べて、パワー尖頭値の高いレーザをごく短時間に照射することができ、熱の蓄積が起りにくく非常に好ましい。

【0070】連続レーザを光学部品によりパルス化した場合、パルス内ではそのパルス幅に亘ってほぼ同じパワーを持つ。一方、パルスレーザ光源は、例えば光源内で共振によりエネルギーをためて、パルスとしてレーザを一度に放出するため、パルス内では尖頭のパワーが非常に大きく、その後小さくなっていく。本発明では、コントラストが高く精度の高い磁化パターンを形成するために、ごく短時間に急激に加熱しその後急冷させるのが好ましいため、パルスレーザ光源の使用が適している。

【0071】磁化パターンが形成される磁気記録媒体の表面は、パルス状エネルギー線の照射時と非照射時で温度差が大きい方が、パターンのコントラストを上げ、或いは記録密度を上げるために好ましい。従って、パルス状エネルギー線の非照射時には室温以下程度になっているのが好ましい。なお、室温とは25℃程度である。

【0072】照射するエネルギー線の波長は、1100nm以下であることが好ましい。エネルギー線が1100nm以下の短波長であると、回折作用が小さく分解能が上がるため、微細な磁化パターンを形成しやすい。エネルギー線の波長は更に好ましくは、600nm以下である。このような短波長であれば、高分解能であるだけでなく、回折が小さいため間隙によるマスクと磁気ディスクとのスペーシングも広くとれ、ハンドリングがしやすく、磁化パターン形成装置が構成しやすくなるという利点が生まれる。また、エネルギー線の波長は150nm

m以上であることが好ましい。この波長が150nm未満では、フォトマスクの透明基材に用いる合成石英の吸収が大きくなり、加熱が不十分となりやすい。特に、エネルギー線の波長を350nm以上とすれば、光学ガラスをフォトマスクの透明基材として使用することもできる。

【0073】エネルギー線としては、具体的には、エキシマレーザ(248nm)、YAGのQスイッチレーザ(1064nm)の2倍波(532nm)、3倍波(355nm)、或いは4倍波(266nm)、Arレーザ(488nm、514nm)、ルビーレーザ(694nm)などが挙げられる。

【0074】パルス状エネルギー線の1パルス当たりのパワーは1000mJ/cm<sup>2</sup>以下とすることが好ましい。これより大きなパワーをかけると、パルス状エネルギー線によって磁気記録媒体表面が損傷を受け、変形を起こす可能性がある。この磁気記録媒体の変形により磁気記録媒体の表面粗度Raが3nm以上となったり、うねりWaが5nm以上に大きくなると、浮上型/接触型ヘッドの走行に支障を来すおそれがある。

【0075】パルス状エネルギー線の1パルス当たりのパワーは、より好ましくは500mJ/cm<sup>2</sup>以下であり、更に好ましくは100mJ/cm<sup>2</sup>以下である。この領域であると、磁気記録媒体の非磁性基板として比較的熱拡散の大きな基板を用いた場合でも、分解能の高い磁化パターンを形成しやすい。また、このパワーは10mJ/cm<sup>2</sup>以上とするのが好ましい。これより小さいと、磁性層の温度が上がりやすく磁気転写が起りにくい。

【0076】また、エネルギー線により、磁気記録媒体の磁性層、保護層、潤滑層の損傷が懸念される場合は、パルス状エネルギー線のパワーを小さくして、該パルス状エネルギー線と同時に印加される磁界強度を上げるといった手段を取ることもできる。例えば、面内記録媒体の場合は、常温での保磁力の25～75%、垂直記録の場合には1～50%のできるだけ大きな力をかけ、照射エネルギーを下げるようにする。

【0077】なお、保護層と潤滑層を介してパルス状エネルギー線を照射するにあたり、潤滑剤の受けるダメージ(分解、重合)等も考慮し、照射後にこれを再塗布するなどの必要がある場合がある。

【0078】パルス状エネルギー線のパルス幅は、1 $\mu\text{s}$ 以下であることが望ましい。これよりパルス幅が広いと磁気ディスクにパルス状エネルギー線にて与えたエネルギーによる発熱が分散して、分解能が低下しやすい。1パルス当たりのパワーが同じである場合、パルス幅を短くし一度に強いエネルギーを照射した方が、熱拡散が小さく磁化パターンの分解能が高くなる傾向にある。パルス状エネルギー線のパルス幅はより好ましくは100ns以下である。この領域であると、磁気記

録媒体の非磁性基板としてAlなどの金属よりなる比較的熱拡散の大きな基板を用いた場合でも分解能の高い磁化パターンが形成しやすい。特に、最小幅 $2\mu\text{m}$ 以下の磁化パターンを形成する際には、パルス状エネルギー線のパルス幅は、 $25\text{ns}$ 以下とするのが好ましい。即ち、分解能を重視すれば、パルス幅は短いほど良い。また、パルス幅は $1\text{ns}$ 以上であるのが好ましい。これは、磁気記録媒体の磁性層の磁化反転が完了するまでの時間、加熱を保持しておくのが好ましいからである。

【0079】なお、パルス状エネルギー線の一種として、モードロックレーザのようにピコ秒、フェムト秒レベルの超短パルスを高周波で発生できるレーザがある。超短パルスを高周波で照射している期間においては、各々の超短パルス間のごく短い時間はレーザが照射されないが、非常に短い時間であるため加熱部はほとんど冷却されない。すなわち、一旦キュリー温度以上に昇温された領域はキュリー温度以上に保たれる。従って、このような場合、連続照射期間（超短パルス間のレーザが照射されない時間も含めた連続照射期間）を1パルスとする。

また連続照射期間の照射エネルギー量の積分値を1パルス当たりのパワー（ $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ）とする。【0080】また、本発明においては、好ましくは、エネルギー照射領域におけるエネルギー線の強度分布を15%以内とする。このように強度分布を押えることにより、エネルギー線を照射した領域の加熱状態の分布を小さく抑えることができ、磁化パターンの磁氣的強さの分布を小さく抑えることができる。従って、磁気ヘッドを使用して信号強度を読み取る際に、信号強度の均一性の高い磁化パターンを形成することができる。

【0081】レーザなどのエネルギー線は、一般にビームスポット内で強度分布（エネルギー密度分布）を有しており、エネルギー線を照射して局部加熱した場合もエネルギー密度による温度上昇の違いが生じる。このため加熱ムラにより局部的に転写の強度の違いが起こる。通常、エキシマレーザやYAG-Qスイッチレーザなどのパルスレーザを用いると、ビームスポット内の強度分布は非常に大きい。

【0082】そこで、本発明においては、例えば、強度分布の小さいエネルギー線源を使用するか、エネルギー線の強度分布の均一化処理を施して、エネルギー線のビームスポット内での強度分布を15%以内に抑えるようにするのが好ましい。

【0083】エネルギー線の強度分布の均一化処理としては、例えばホモジナイザやコンデンサレンズを用いて均一化したり、遮光板やスリットなどでエネルギー線の強度分布の小さい部分だけを透過し必要に応じて拡大するなどの方法が挙げられる。好ましくは、エネルギー線を、一旦光学分割した後重ね合わせることで均一化処理すると、エネルギー線が無駄なく使用でき効率

が良い。本発明においては、磁性層の加熱には、高強度のエネルギー線を短時間に照射するのがよく、このためにはエネルギー線は無駄なく効率的に使用するのが好ましい。

【0084】なお、磁気記録媒体には、基板の主両面に磁性層が形成されているものがあるが、その場合、本発明の磁化パターン形成は片面づつ、逐次に行ってもよいし、マスク、エネルギー照射系及び外部磁界を印加する手段を磁気記録媒体の両面に設置して、両面同時に磁化パターン形成を行うこともできる。

【0085】一面に二層以上の磁性層が形成されており、それぞれに異なるパターンを形成したい場合は、照射するエネルギー線の焦点を各層に合わせることで、各層を個別に加熱し、個別のパターンを形成できる。

【0086】磁化パターンを形成する際には、エネルギー線の光源とフォトマスクとの間、又はフォトマスクと磁気記録媒体との間の、照射をしたくない領域に、エネルギー線を部分的に遮光可能な遮光板を設けて、エネルギー線の再照射を防ぐ構造とするのが好ましい。

【0087】遮光板としては、使用するエネルギー線の波長を透過しないものであればよく、エネルギー線を反射又は吸収すればよい。ただし、エネルギー線を吸収すると加熱して磁化パターンに影響を与えやすいため、熱伝導率がよく反射率の高いものが好ましい。このような遮光板としては、例えば、Cr、Al、Feなどの金属板が用いられる。

【0088】次に、外部磁界について説明する。

【0089】磁気記録媒体が円板形状の磁気ディスクである場合、外部磁界の印加方向は、周方向、半径方向、板面に垂直方向のいずれかをとるのが好ましい。

【0090】加熱と同時に外部磁界を印加する場合は、外部磁界も該加熱された広い領域に亘って印加することで、複数の磁化パターンを一度に形成することができる。

【0091】磁気記録媒体の磁性層に外部磁界を印加する手段は、磁気ヘッドを用いてもよいし、電磁石又は、永久磁石を所望の磁化方向に磁界が生じるよう複数個配置して用いてもよい。更にそれらの異なる手段を組み合わせ使用してもよい。高密度記録に適した高保磁力媒体を効率よく磁化するためには、フェライト磁石、ネオジム系希土類磁石、サマリウムコバルト系希土類磁石などの永久磁石が好適である。

【0092】本発明のフォトマスクを用いて、本発明方法に従って磁化パターンが形成された磁気記録媒体は、干渉縞の影響が抑えられ、再生信号のモジュレーションの小さい微細な磁化パターンが精度良く形成される。そして、磁化遷移幅が小さく磁区の境界での磁化遷移が非常に急峻で出力信号の品質が高いパターンが形成される。また、非常に短時間で簡便に磁化パターンを形成す

ることができ、しかも形成工程において、従来のようにマスターディスクと密着させることがないため、磁気ディスクの傷や欠陥が少ない。

【0093】特に、高密度記録になるにつれて、サーボ信号が書きにくいだけでなくサーボ記録がコストアップの主原因となるため高密度記録用の媒体に本発明を適用すると効果が大きい。垂直磁気記録媒体であれば磁界の印加が容易であることからより本発明を適用しやすい。

【0094】従って、本技術を磁気記録媒体の製造ラインに組み入れれば、ヘッド制御用の高精度の磁化パターンが形成された媒体を短時間かつ安価に製造できる。

【0095】次に、本発明の磁気記録媒体の構成について説明する。

【0096】本発明の磁気記録媒体における非磁性基板としては、高速記録再生時に高速回転させても振動しない必要があり、通常、硬質基板が用いられる。振動しない十分な剛性を得るため、基板厚みは一般に0.3mm以上が好ましい。但し、基板の厚みが厚過ぎると、磁気記録装置の薄型化に不利なため、3mm以下が好ましい。基板の材質としては、例えば、Alを主成分とした合金、具体的にはAl-Mg合金等のAl合金基板や、Mgを主成分とした合金、具体的にはMg-Zn合金等のMg合金基板、その他、通常のソーダガラス、アルミノシリケート系ガラス、非結晶ガラス類、シリコン、チタン、セラミックス、各種樹脂のいずれかからなる基板やそれらを組み合わせた基板などを用いることができる。中でもAl合金基板や、強度の点では結晶化ガラス等のガラス製基板、コストの点では樹脂製基板を用いることが好ましい。

【0097】前述の如く、本発明は硬質基板を有する磁気記録媒体に特に有効である。即ち、従来の磁気転写法では硬質基板を有する媒体はマスターディスクとの密着が不十分になり傷や欠陥が発生したり、転写された磁区の境界が不明確で半値幅が広がりやすい傾向があったが、本発明ではフォトマスクと磁気記録媒体とを圧着しないため、このような問題が解消される。特に、本発明はガラス製基板のようにクラックの入りやすい基板を有する媒体には効果的である。

【0098】磁気記録媒体の製造工程においては、まず基板の洗浄、乾燥が行われるのが通常であり、本発明においても各層の密着性を確保するために、その形成前に基板の洗浄、乾燥を行うことが望ましい。

【0099】また、本発明の磁気記録媒体の製造に際しては、基板表面にNiP等の金属被膜層を形成しても良い。このような金属被膜層を形成する場合、その手法としては、無電解めっき法、スパッタリング法、真空蒸着法、CVD法などの薄膜形成に用いられる方法を利用することができる。導電性の材料からなる基板の場合であれば電解めっき法を採用することが可能である。金属被膜層の膜厚は50nm以上あれば良いが、磁気記録媒体

の生産性などを考慮すると50～500nm、特に50～300nmであることが好ましい。

【0100】このような金属被膜層を成膜する領域は基板表面全域が望ましいが、一部だけ、例えば後述のテキスチャリングを施す領域のみでも実施可能である。

【0101】また、基板表面、又は金属被膜層が形成された基板表面に同心状テキスチャリングを施しても良い。なお、本発明においてこの同心状テキスチャリングとは、例えば遊離砥粒とテキスチャーテープを使用した機械式テキスチャリングやレーザ光線などを利用したテキスチャリング加工、又はこれらを併用することによって、円周方向に研磨することによって基板円周方向に微小溝を多数形成した状態を指称する。

【0102】ここで、機械的テキスチャリングを施すための遊離砥粒の種類としてはダイヤモンド砥粒、中でも表面がグラファイト化処理されているものが最も好ましい。機械的テキスチャリングに用いられる砥粒としては他にアルミナ砥粒が広く用いられているが、特にテキスチャリング溝に沿って磁化容易軸を配向させるという面内配向媒体の観点から考えるとダイヤモンド砥粒が極めて良い性能を発揮する。

【0103】基板の表面は、表面粗さ(Ra)がどのような値をとっても本発明の効果には基本的には影響ないが、ヘッド浮上量ができるだけ小さいことが高密度磁気記録の実現には有効であることから、基板表面のRaは2nm以下、特に1nm以下であることが好ましく、中でも0.5nm以下であることが好ましい。なお、基板表面粗度Raは、触針式表面粗さ計を用いて測定長400μmで測定後、JIS B0601に則って算出した値である。このとき測定用の針の先端は半径0.2μm程度の大きさのものが使用される。

【0104】上述の如く、洗浄、乾燥、必要に応じて金属被膜層の形成及び同心状テキスチャリングを施した基板には、磁性層(磁気記録層)を形成するが、この磁性層の形成に先立ち、下地層を設けても良い。下地層は、結晶の微細化とその結晶面の配向を制御することを目的として形成され、その構成材料としてはCrを主成分とするものが好適である。

【0105】Crを主成分とする下地層の材料としては、純Crのほか、磁性層との結晶マッチングなどの目的で、CrにV、Ti、Mo、Zr、Hf、Ta、W、Ge、Nb、Si、Cu、Bから選ばれる1又は2以上の元素を添加した合金や酸化Crなどが挙げられる。

【0106】中でも純Cr、又はCrにTi、Mo、W、V、Ta、Si、Nb、Zr及びHfから選ばれる1又は2以上の元素を添加した合金が好ましい。これら第二、第三元素の含有量はそれぞれの元素によって最適な量が異なるが、一般には1～50原子%が好ましく、より好ましくは5～30原子%、さらに好ましくは5～20原子%の範囲である。

【0107】下地層を形成する場合、その膜厚はこの異方性を発現させ得るに十分なものであれば良く、通常の場合0.1~50nm、好ましくは0.3~30nm、さらに好ましくは0.5~10nmである。Crを主成分とする下地層の成膜時は基板加熱を行っても行わなくても良い。

【0108】下地層の上には、磁性層との間に、場合により軟磁性層を設けても良い。特に、磁化遷移ノイズの少ないキーパー媒体、或いは磁区が媒体の面内に対して垂直方向にある垂直記録媒体には、このような軟磁性層は効果が大きく、好適に用いられる。

【0109】軟磁性層の構成材料は透磁率が比較的高く損失の少ないものであればよいが、NiFeや、それに第3元素としてMo等を添加した合金が好適に用いられる。最適な透磁率は、データの記録に利用されるヘッドや磁性層の特性によっても大きく変わるが、概して、最大透磁率が10~1000000(H/m)程度であることが好ましい。

【0110】或いはまた、Cr下地層上にCoCr系中間層を設けてもよい。

【0111】次に磁性層を形成するが、磁性層と軟磁性層との間には下地層と同一材料の層又は他の非磁性材料が挿入されていてもよい。磁性層の成膜時は、基板加熱を行っても行わなくてもよい。

【0112】磁性層としては、Co合金磁性層、TbFeCoを代表とする希土類系磁性層、CoとPdの積層膜を代表とする遷移金属と貴金属系の積層膜等が好ましく用いられる。

【0113】Co合金磁性層としては、通常、純CoやCoNi、CoSm、CoCrTa、CoNiCr、CoCrPtなどの磁性材料として一般に用いられるCo合金磁性材料が用いられる。これらのCo合金に更にNi、Cr、Pt、Ta、W、Bなどの元素やSiO<sub>2</sub>等の化合物を加えたものでも良い。例えばCoCrPtTa、CoCrPtB、CoNiPt、CoNiCrPtB等が挙げられる。Co合金磁性層の膜厚は任意であるが、好ましくは5nm以上、より好ましくは10nm以上である。また、好ましくは50nm以下、より好ましくは30nm以下である。また、この磁性層は、適当な非磁性の中間層を介して、或いは直接に2層以上積層して形成してもよい。この際、積層される磁性材料の組成は、同じであっても異なってもよい。

【0114】希土類系磁性層としては、磁性材料として一般的なものをを用いることができる。例えばTbFeCo、GdFeCo、DyFeCo、TbFeなどが挙げられる。これらの希土類合金にTb、Dy、Hoなどを添加してもよい。酸化劣化防止の目的からTi、Al、Ptが添加されていてもよい。希土類系磁性層の膜厚は、任意であるが、通常5~100nm程度である。また、この磁性層は、適当な非磁性の中間層を介して、或

いは直接に2層以上積層して形成してもよい。その際、積層される磁性材料の組成は、同じであっても異なってもよい。特に、希土類系磁性層は、アモルファス構造膜であり、かつメディア面内に対して垂直方向に磁化を持つため高記録密度記録に適し、高密度かつ高精度に磁化パターンを形成できる本発明の方法がより効果的に適用できる。

【0115】同様に垂直磁気記録が行える、遷移金属と貴金属系の積層膜としては、磁性材料として一般的なものをを用いるが、例えばCo/Pd、Co/Pt、Fe/Pt、Fe/Au、Fe/Agなどが挙げられる。これらの積層膜材料の遷移金属、貴金属は、特に純粋なものでもよく、それらを主とする合金であってもよい。積層膜の膜厚は、任意であるが、通常5~1000nm程度である。また、必要に応じて3種以上の材料の積層であってもよい。

【0116】本発明において、磁気記録層としての磁性層は、室温において磁化を保持し、加熱時に消磁されるか、或いは加熱と同時に外部磁界を印加されることで磁化される。

【0117】この磁性層の室温での保磁力は、室温において磁化を保持し、かつ適当な外部磁界により均一に磁化されるものである必要がある。磁性層の室温での保磁力を2000Oe以上とすることで、小さな磁区が保持でき高密度記録に適した媒体が得られる。磁性層の室温での保磁力はより好ましくは3000Oe以上である。

【0118】従来の磁気転写法では、前述の如く、過度に保磁力が高い磁気記録媒体には転写が困難であったが、本発明においては磁性層を加熱し、保磁力を十分に下げて磁化パターンを形成するため、保磁力の大きい磁気記録媒体への適用も有効である。

【0119】ただし、磁性層の室温での保磁力は好ましくは20kOe以下とする。この保磁力が20kOeを超えると、一括磁化のために大きな外部磁界が必要となり、また通常の磁気記録が困難となる可能性がある。

【0120】磁性層は、室温において磁化を保持しつつ、適当な加熱温度では弱い外部磁界で磁化されるものである必要がある。また室温と磁化消失温度との差が大きい方が磁化パターンの磁区が明瞭に形成しやすい。このため磁化消失温度は高いほうが好ましく、100℃以上が好ましく、より好ましくは150℃以上である。存在する磁化消失温度は、例えば、キュリー温度近傍（キュリー温度のやや下）や補償温度近傍が望ましい。

【0121】キュリー温度は、好ましくは100℃以上である。100℃未満では、室温での磁区の安定性が低い傾向がある。より好ましくは150℃以上、700℃以下である。この温度の上限に磁性層を過度に高温に加熱すると、変形してしまう可能性があることによる。

【0122】磁気記録媒体が面内磁気記録媒体である場合、高密度用の高い保磁力を持った磁気記録媒体に対し



ては従来の磁気転写法では飽和記録が難しく、磁界強度の高い磁化パターン生成が困難となり、半値幅も広がってしまう。このような高記録密度に適した面内記録媒体でも、本方法によれば良好な磁化パターン形成が可能となる。特に、該磁性層の飽和磁化が  $50 \text{ emu/cc}$  以上、とりわけ  $100 \text{ emu/cc}$  以上である場合は、反磁界の影響が大きいので本発明を適用する効果が大きい。ただし、飽和磁化は過度に大きいと磁化パターンの形成がしにくいため、 $500 \text{ emu/cc}$  以下が好ましい。

【0123】磁気記録媒体が垂直磁気記録媒体であり、磁化パターンが比較的大きく1磁区の単位体積が大きい場合は、飽和磁化が大きくなり、磁気的な減磁作用で磁化反転が起こりやすいため、それがノイズとなり半値幅を悪化させる。この問題は、軟磁性材料を使用した下地層の併用で解決することができ、これらの媒体にも良好な記録が可能となる。

【0124】磁性層は、記録容量増大などのために、二層以上設けてもよい。この際、層間には他の層を介在させるのが好ましい。

【0125】磁気記録媒体の磁性層上には通常保護層を形成することにより、磁気記録媒体の最表面を硬質の保護層で覆う。保護層はヘッドや衝突や塵埃・ゴミ等のマスクとの挟み込みによる磁性層の損傷を防ぐ働きをする。また、本発明のようにフォトマスクを用いた磁化パターン形成法を適用する際には、フォトマスクとの接触から磁気記録媒体を保護する作用も奏される。

【0126】また、本発明において保護層は、加熱された磁性層の酸化を防止する点においても必須である。即ち、磁性層は一般に酸化されやすく、加熱されると更に酸化されやすい。このため、本発明では磁性層をエネルギー線などで局所的に加熱することから、酸化を防ぐための保護層を磁性層上に予め形成しておく必要がある。

【0127】磁性層が複数層ある場合には、最表面に近い磁性層の上に保護層を設ければよい。保護層は磁性層上に直接設けても良いし、必要に応じて間に他の働きをする層を介在させて形成しても良い。

【0128】本発明において、磁化パターンの形成工程で照射したエネルギー線の一部は保護層でも吸収され、熱伝導によって磁性層を局所的に加熱する働きをする。このため保護層が厚すぎると横方向への熱伝導により磁化パターンがぼやけてしまう可能性があるため、保護層の膜厚は薄い方が好ましい。また記録再生時の磁性層とヘッドとの距離を小さくするためにも保護層は薄い方が好ましい。従って、保護層の膜厚は  $50 \text{ nm}$  以下が好ましく、より好ましくは  $30 \text{ nm}$  以下、さらに好ましくは  $20 \text{ nm}$  以下である。ただし、十分な耐久性を得るためには保護層の膜厚は  $0.1 \text{ nm}$  以上が好ましく、より好ましくは  $1 \text{ nm}$  以上である。

【0129】保護層の形成には、一般にカーボン、水素

化カーボン、窒素化カーボン、アモルファスカーボン、 $\text{SiC}$ 等の炭素質層や  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Zr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{TiN}$ などの硬質材料が用いられる。

【0130】磁気記録媒体においては、ヘッドと磁性層の距離を極限まで近づけるため、非常に硬質の保護層を薄く設けることが好ましい。耐衝撃性及び潤滑性の点、エネルギー線による磁性層の損傷防止の役割を果たすだけでなく、ヘッドによる磁性層の損傷にも極めて強くなるという効果の点からは、炭素質保護層が好ましく、特にダイヤモンドライクカーボンが好ましい。炭素質保護層のような不透明な保護層に対しても本発明の磁化パターン形成方法は有効に適用可能である。

【0131】このような保護層は、2層以上の層から構成されていてもよい。

【0132】磁性層の直上の保護層として特に  $\text{Cr}$  を主成分とする層を設けると、磁性層への酸素透過を防ぐ効果が高く好ましい。

【0133】保護層上には更に潤滑層が形成され、これにより磁気記録媒体のフォトマスク及び磁気ヘッドによる損傷を防ぐ効果が得られる。潤滑層に用いる潤滑剤としては、フッ素系潤滑剤、炭化水素系潤滑剤及びこれらの混合物等が挙げられ、ディップ法、スピンコート法などの常法で塗布することができる。磁化パターン形成の妨げとならないために潤滑層は薄い方が好ましく、 $10 \text{ nm}$  以下、特に  $4 \text{ nm}$  以下であることが好ましいが、十分な潤滑性能を得るためには  $0.5 \text{ nm}$  以上、特に  $1 \text{ nm}$  以上であることが好ましい。

【0134】潤滑層上からエネルギー線を照射する場合には、前述の如く、潤滑剤のダメージ（分解、重合）等を考慮し、磁化パターンの形成後、再塗布などを行ってもよい。

【0135】浮上型／接触型ヘッドの走行安定性を損なわないよう、磁化パターン形成後の磁気記録媒体の表面粗度  $R_a$  は  $3 \text{ nm}$  以下に保つのが好ましい。なお、媒体表面粗度  $R_a$  とは潤滑層を含まない媒体表面の粗度であって、触針式表面粗さ計を用いて測定長  $400 \mu\text{m}$  で測定後、 $\text{JIS-B0601}$  に則って算出した値である。この媒体表面粗度  $R_a$  はより好ましくは  $1.5 \text{ nm}$  以下とする。

【0136】また、磁化パターン形成後の磁気記録媒体の表面うねり  $W_a$  は  $5 \text{ nm}$  以下に保つのが好ましい。媒体うねり  $W_a$  は潤滑層を含まない媒体表面のうねりであって、触針式表面粗さ計を用いて測定長  $2 \text{ mm}$  で測定後、 $R_a$  算出に準じて算出した値である。この媒体うねり  $W_a$  は、より好ましくは  $3 \text{ nm}$  以下とする。

【0137】本発明の磁気記録媒体の各層を形成する成膜方法としては任意であるが、例えば直流（マグネトロン）スパッタリング法、高周波（マグネトロン）スパッタリング法、ECRスパッタリング法、真空蒸着法などの物理的蒸着法が挙げられる。

【0138】また、成膜時の条件としても特に制限はなく、到達真空度、基板加熱の方式と基板温度、スパッタリングガス圧、バイアス電圧等は、成膜装置や所望とする磁気記録媒体の特性に応じて適宜決定すれば良い。例えば、スパッタリング成膜では、通常の場合、到達真空度は $6.7 \times 10^{-4}$  Pa以下、基板温度は室温 $\sim 400^\circ\text{C}$ 、スパッタリングガス圧は $1.3 \times 10^{-1} \sim 2.6.6 \times 10^{-1}$  Pa、バイアス電圧は一般的には $0 \sim -500\text{V}$ である。

【0139】成膜に当たって非磁性基板を加熱する場合、加熱は、下地層形成前に行っても良いし、熱吸収率が低い透明な基板を使用する場合には、熱吸収率を高くするため、Crを主成分とする下地層又は $\text{B}_2$ 結晶構造を有する下地層を形成してから基板を加熱し、しかる後に磁性層等を形成しても良い。

【0140】磁性層が、希土類系の磁性膜の場合には、腐食、酸化防止の見地から、ディスクの最内周部及び最外周部を予めマスクして、磁性層まで積層成膜し、続く保護層の成膜の際にマスクを外し、磁性層を保護層で完全に覆う方法や、保護層が2層の場合には、磁性層と第1の保護層までをマスクしたまま成膜して、第2の保護層を成膜する際にマスクを外し、やはり磁性層を第2の保護層で完全に覆うようにすると希土類系磁性層の腐食、酸化が防げて好適である。

【0141】次に、本発明の磁気記録装置について説明する。

【0142】本発明の磁気記録装置は、上述の方法で磁化パターンを形成した磁気記録媒体と、磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対移動させる手段と、磁気ヘッドへの記録信号入力と磁気ヘッドからの再生信号出力を行うための記録再生信号処理手段を有する。磁気ヘッドとしては、高密度記録を行うため、通常は浮上型/接触型磁気ヘッドを用いる。

【0143】高精度なサーボパターン等の磁化パターンが形成された磁気記録媒体を用いるので、このような磁気記録装置は高密度記録が可能である。また、媒体に傷がなく欠陥も少ないため、エラーの少ない記録を行うことができる。

【0144】また、磁気記録媒体を装置に組みこんだ後、上記磁化パターンを磁気ヘッドにより再生し信号を得、該信号を基準としてサーボバースト信号を該磁気ヘッドにより記録してなる磁気記録装置に用いることで、簡易に精密なサーボ信号を得ることができる。

【0145】また、磁気ヘッドでのサーボバースト信号記録後にも、ユーザデータ領域として用いられない領域には本発明により磁化パターンとして記録した信号が残っていると何らかの外乱により磁気ヘッドの位置ずれが起きたときにも所望の位置に復帰させやすいので、両者の書き込み方法による信号が存在する磁気記録装置は、

信頼性が高い。

【0146】磁気記録装置として代表的な、磁気ディスク装置を例示して以下に説明する。

【0147】磁気ディスク装置は、通常、磁気ディスクを1枚或いは複数枚を串刺し状に固定するシャフトと、該シャフトにベアリングを介して接合された磁気ディスクを回転させるモータと、記録及び/又は再生に用いる磁気ヘッドと、該ヘッドが取り付けられたアームと、ヘッドアームを介してヘッドを磁気記録媒体上の任意の位置に移動させることのできるアクチュエータとからなり、記録再生用ヘッドが磁気ディスク上を一定の浮上量で移動している。記録情報は、信号処理手段を経て記録信号に変換されて磁気ヘッドにより記録される。また、磁気ヘッドにより読み取られた再生信号は同信号処理手段を経て逆変換され、再生情報が得られる。

【0148】磁気ディスク上には、情報信号が同心円状のトラックに沿って、セクター単位で記録される。サーボパターンは通常、セクター間に記録される。磁気ヘッドは該パターンからサーボ信号を読み取り、これによりトラックの中心に正確にトラッキングを行い、そのセクターの情報信号を読み取る。記録時も同様にトラッキングを行う。

【0149】前述の通り、サーボ信号を発生するサーボパターンは、情報を記録する際のトラッキングに使用するという性質上、特に高精度が要求される。また現在多く使用されているサーボパターンは、1トラックあたり、互いに $1/2$ ピッチずれた2組のパターンからなるため、情報信号の $1/2$ のピッチ毎に形成する必要があるため、2倍の精度が要求される。

【0150】しかしながら、従来のサーボパターン形成方法では、外部ピンとアクチュエータの重心が異なることから生じる振動の影響でライトトラック幅で $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度が限界であり、トラック密度の増加にサーボパターンの精度が追いつかず、磁気記録装置の記録密度向上及びコストダウンの妨げとなりつつある。

【0151】これに対して、本発明によれば、縮小結像技術を用いることで効率よく精度の高い磁化パターンを形成することができるので、従来のサーボパターン形成方法に比べて格段に低コスト、短時間で精度良くサーボパターンを形成でき、例えば $40\text{ kTPI}$ 以上に媒体のトラック密度を高めることができる。従って、本媒体を用いた磁気記録装置は高密度での記録が可能となる。

【0152】また、位相サーボ方式を用いると連続的に変化するサーボ信号が得られるので、よりトラック密度を上げることができ、 $0.1 \mu\text{m}$ 幅以下でのトラッキングも可能となり、より高密度記録が可能である。

【0153】前述のように、位相サーボ方式には、例えば、内周から外周に、半径に対して斜めに直線的に延びる磁化パターンが用いられる。このような、半径方向に連続したパターンや斜めのパターンは、ディスクを回転



させながら1トラックずつサーボ信号を記録する従来のサーボパターン形成方法では作りにくく、複雑な計算や構成が必要であった。

【0154】これに対して、本発明によれば、該形状に応じたマスクを一旦作成すれば、マスクを介してエネルギー線を照射するだけで当該パターンを容易に形成できるため、位相サーボ方式に用いる媒体を簡単かつ短時間、安価に作成することができる。ひいては、高密度記録が可能な、位相サーボ方式の磁気記録装置を提供できる。

【0155】ところで、従来主流のサーボパターン形成方法は、磁気記録媒体を磁気記録装置（ドライブ）に組み込んだのちに、クリーンルーム内で専用のサーボライターを用いて行う。

【0156】即ち、各ドライブをサーボライターに装着し、ドライブ表面あるいは裏面のいずれかにある孔よりサーボライターのピンを差し入れ磁気ヘッドを機械的に動かしながら、トラックに沿って1パターンずつ記録を行う。このためドライブ一台あたり15～20分程度と非常に時間がかかる。また、専用のサーボライターを用い、またドライブに孔を開けるため、これらの作業はクリーンルーム内で行う必要があり、工程上も煩雑でコストアップの要因であった。

【0157】これに対して、本発明では、予めパターンを記録したマスクを介してエネルギー線を照射することで、サーボパターン或いはサーボパターン記録用基準パターンを一括して記録でき、非常に簡便かつ短時間で媒体にサーボパターンを形成できる。このようにしてサーボパターンを形成した媒体を組み込んだ磁気記録装置は、上記サーボパターン書込み工程は不要となる。或いはサーボパターン記録用基準パターンを形成した媒体を組み込んだ磁気記録装置は、該基準パターンをもとにして装置内で所望のサーボパターンを書込むことができ、上記のサーボライターは不要であり、クリーンルーム内での作業も必要ない。また、磁気記録装置の裏側に孔を開ける必要がなく耐久性や安全性の上でも好ましい。

【0158】さらに、本発明においてはフォトマスクと磁気記録媒体との間を密着させなくてよいので、磁気記録媒体と他の構成部材との接触による損傷や、微小な塵埃やゴミの挟み込みによる媒体の損傷を防ぎ、欠陥の発生を防ぐことができる。

【0159】以上のように、本発明によれば高密度記録が可能な磁気記録装置を、簡便な工程で安価に得ることができる。

【0160】なお、本発明の磁気記録装置の磁気ヘッドとしては、薄膜ヘッド、MRヘッド、GMRヘッド、TMRヘッドなど各種のものをを用いることができる。磁気ヘッドの再生部をMRヘッドで構成することにより、高記録密度においても十分な信号強度を得ることができ、より高記録密度の磁気記録装置を実現することができ

る。

【0161】また、磁気ヘッドを、浮上量が0.001  $\mu\text{m}$ 以上、0.05  $\mu\text{m}$ 未満と、従来より低い高さとで浮上させると、出力が向上して高い装置S/Nが得られ、大容量で高信頼性の磁気記録装置を提供することができる。

【0162】また、最尤復号法による信号処理回路を組み合わせるとさらに記録密度を向上でき、例えば、トラック密度13k TPI以上、線記録密度250k FCI以上、1平方インチ当たり3Gビット以上の記録密度で記録・再生する場合にも十分なS/Nが得られる。

【0163】さらに磁気ヘッドの再生部を、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、その導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層からなるGMRヘッド、あるいはスピン・バルブ効果を利用したGMRヘッドとすることにより、信号強度をさらに高めることができ、1平方インチ当たり10Gビット以上、350k FCI以上の線記録密度を持った信頼性の高い磁気記録装置の実現が可能となる。

【0164】

【実施例】以下に比較例及び実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はその要旨の範囲を超えない限り以下の実施例に限定されるものではない。

【0165】比較例1

3.5インチ径のNiPメッキ付きアルミニウム合金基板（厚さ1.0mm）を洗浄、乾燥し、その上に到達真空度：1.3  $\times 10^{-5}$  Pa、基板温度：350℃、バイアス電圧：-200V、スパッタリングガス：Ar、ガス圧：4  $\times 10^{-1}$  Paの条件下で、NiAlを厚さ60nmに、Cr<sub>94</sub>Mo<sub>6</sub>を厚さ10nmに、磁性層としてCo<sub>72</sub>Cr<sub>18</sub>Pt<sub>10</sub>を厚さ22nmに、保護層としてカーボン（ダイヤモンドライクカーボン）を厚さ3nmに順次成膜した。

【0166】この磁気ディスクの表面粗度Raは0.5nm、うねりWaは0.8nmであった。その上には潤滑層としてフッ素系潤滑剤を1.5nmの厚さに塗布し、100℃で40分焼成し、室温での保磁力3000Oe、飽和磁化310emu/ccの面内記録用磁気ディスクを得た。磁性層のキュリー温度は250℃であった。

【0167】このディスクに、電磁石の磁界方向がディスクの回転方向と同じとなるように構成して、約10kGの強度で印加して、ディスク面を一様に磁化した。

【0168】なお、磁束密度をB（単位：ガウス）、磁界をH（単位：エルステッド）、透磁率を $\mu$ とすると、 $B = \mu \cdot H$ の関係が成り立つ。空気中では、透磁率がほぼ1であるから、磁束密度が10kGであるとは、10kOeの磁界を印加したに等しい。

【0169】このディスク上に、約10  $\mu\text{m}$ の間隔をあ

けて、石英ガラスを基材としたCrフォトリソマスクを配置した。このフォトリソマスクは127mm×127mmの正方形、2.3mm厚の石英ガラスを基材とし、ディスクに対向する面側に、クロムを厚さ75nmに、酸化クロムを25nmの膜厚で順次に成膜し、図2に示すパターンにエッチングし、非透過層を形成した。このクロム及び酸化クロムの積層膜よりなる非透過層の膜厚は $d = (m \times \lambda / 4)$ において、 $m$ はほぼ1.6である。

【0170】形成したエッチングパターンは、図2

(a)に示す如く、127mm×127mmの正方形の石英ガラス基板1のドットを付した環状(内周円の半径30mm、外周円の半径40mm)のエッチング領域2に、図2(a)のB部の拡大図である図2(b)に示すような、長さ10mmの放射状のパターンを形成したものである。このパターンは、外周ほどパターン幅が大きくなりかつパターン同士の間隔も広がるものであり、外周の最も太い部分のパターン幅が2 $\mu$ m、外周の最も間隔の広いパターン間隔が2 $\mu$ mとなっている。

【0171】このフォトリソマスクとディスクを一体として、3.2秒間で1回転の速度にて回転させた。ここに、波長248nmのエキシマパルスレーザをパルス幅:25nsec、パワー(エネルギー密度):120mJ/cm<sup>2</sup>、ビーム形状:10mm×3.0mm(ピークエネルギーの1/e<sup>2</sup>となる径)に制御し、レーザ照射口にビーム形状を角度12°の扇形に整形する遮光板を設置して、繰り返し周波数10Hzで32パルス照射し、同時に約1.7kGの磁界を磁気ディスクの円周方向で一様磁化とは逆の方向に永久磁石にて印加し、磁気パターンの転写を試みた。

【0172】なお、ここで用いた、レーザ照射のための光学系の構成は以下のとおりである。

【0173】エキシマパルスレーザ光源から発振したパルスレーザはプログラブルシャッターを通過する。プログラブルシャッターは光源から所望のパルスのみ取り出す役目をする。

【0174】プログラブルシャッターで選択されたレーザは、アッテネータで所望のパワーに変換される。

【0175】次いで、レーザは短軸方向を3分割するためのホモジナイザー(フライアイレンズ)と、長軸方向を7分割するためのホモジナイザー(フライアイレンズ)を通過し、投影レンズに至る。ホモジナイザー(フライアイレンズ)は、レーザを分割し重ね合わせ、エネルギー強度分布を均一にする機能を有する。さらに、レーザは必要に応じて遮光板を通して所望のビーム形状とし、フォトリソマスクにより強度分布を磁化パターンに応じて変化させたのち、ディスクに投影される。

【0176】このようにして磁化パターンを形成したディスクについて、磁化パターンの良否を磁気現像液により磁化パターンを現像して、光学顕微鏡で観察することで確かめた。

【0177】その結果、この比較例1では干渉縞が観察され、これにより磁化パターンが乱されていることが確認された。

【0178】また、全く同一の条件で磁気ディスク上に磁化パターンを形成したのち、再生素子幅0.9 $\mu$ mのハードディスク用MRヘッドで磁気パターンを再生し、その再生信号のモジュレーションを測定したところ、12%であった。

【0179】実施例1

フォトリソマスクとして、クロムを140nm、酸化クロムを46nmの膜厚で順次成膜したフォトリソマスクを用いたこと以外は、比較例1と同様にして磁気パターンの形成を行う。このクロム及び酸化クロムの積層膜よりなる非透過層の膜厚は $d = (m \times \lambda / 4)$ において、 $m$ はほぼ3である。

【0180】このようにして磁化パターンを形成したディスクについて、比較例1と同様に観察すると、干渉縞の形成は見られない。

【0181】また、全く同一の条件で磁気ディスク上に磁化パターンを形成したのち、再生素子幅0.9 $\mu$ mのハードディスク用MRヘッドで磁気パターンを再生し、その再生信号のモジュレーションを測定すると、干渉縞が無くなった分だけ比較例1の磁気ディスクよりもモジュレーションが改善され、8%程度の値となる。

【0182】

【発明の効果】以上詳述した通り、本発明の磁気記録媒体の磁化パターン形成方法及びフォトリソマスクによれば、次のような効果が奏される。

① 磁化パターンを形成するにあたり局所加熱と外部磁界印加を組み合わせるので、従来のように強い外部磁界を用いる必要がない。そして、加熱領域以外に磁界が印加されても磁化されないで、磁区形成を加熱領域に限定できる。このため、磁区境界が明瞭となり、磁化遷移幅が小さく磁区の境界での磁化遷移が非常に急峻で出力信号の品質が高いパターンが形成できる。条件を選べば磁化遷移幅を1 $\mu$ m以下にすることも可能である。

② 従来のように磁気記録媒体とマスターディスクを圧着させる必要がないので、媒体やマスクを傷つけることなく、媒体の欠陥を増加させる虞もない。

③ トラックに対して斜めの磁化パターンも良好に形成できる。

④ 局所加熱にエネルギー線を用いるので、加熱する部位の大きさやパワーの制御がしやすく、磁化パターンを精度よく形成できる。

⑤ 一旦フォトリソマスクを作製すれば、どのような形状の磁化パターンも磁気記録媒体上に形成できるため、複雑なパターンや従来法では作りにくかった特殊なパターンも容易に形成できる。また、フォトリソマスクも簡便かつ安価に作成できる。

⑥ フォトリソマスクの非透過層の膜厚を制御することで、

フォトマスクの透過面での反射と非透過面での反射とが逆位相になりうち消すので、反射の影響が軽減され、干渉縞の生成が抑えられ、精度のよい磁化パターン形成ができる。

⑦ 本発明のフォトマスクを使用して磁化形成した磁気記録媒体は、干渉縞の影響が少なく、磁化パターンの精度が高く、磁化パターンの出力信号のモジュレーションが小さい良好な磁気記録媒体となる。

⑧ 本技術を磁気記録媒体の製造ラインに組み入れることにより、ヘッド制御用の高精度の磁化パターンが形成された磁気記録媒体を短時間かつ安価に製造できる。

【0183】そして、本発明のフォトマスクを用いて本発明方法により磁化パターンが形成された本発明の磁気記録媒体は、干渉縞の影響が抑えられ、再生信号のモジュレーションの小さい微細な磁化パターンが精度良く形成されたものとなる。そして、磁化遷移幅が小さく磁区の境界での磁化遷移が非常に急峻で出力信号の品質が高いパターンが形成される。また、非常に短時間で簡便に製造でき、従来のようにマスターディスクと密着させることがないため、傷や欠陥が少ない。特に、高密度記録になるにつれて、サーボ信号が書きにくいだけでなくサーボ記録がコストアップの主要原因となるため、本発明は高密度記録用の磁気記録媒体に対して特に有効である。

【0184】また、このような本発明の磁化パターン形成方法により磁化パターンを形成した磁気記録媒体を有

する本発明の磁気記録装置であれば、高密度なサーボパターン等の磁化パターンが形成された磁気記録媒体を用いるので、高密度記録が可能であり、また、媒体に傷がなく欠陥も少ないため、エラーの少ない記録を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

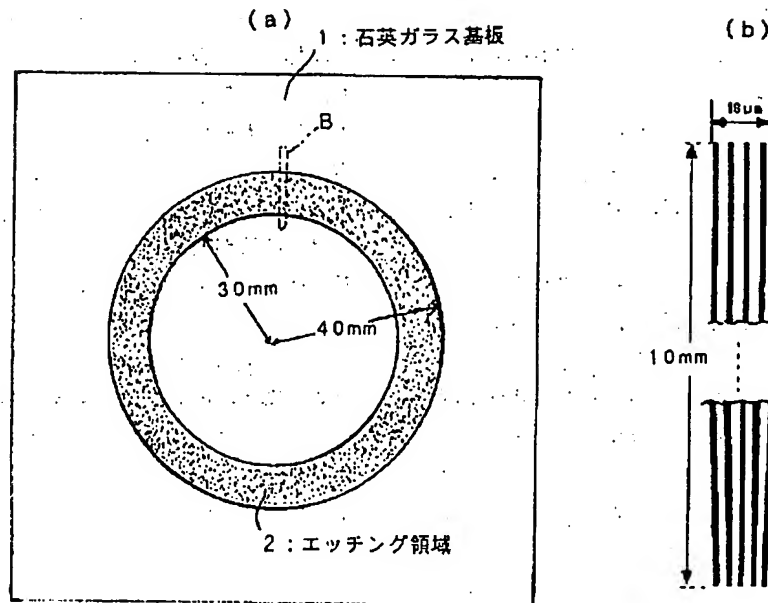
【図1】図1(a)は、本発明のフォトマスクを用いた磁化パターン形成方法の実施の形態を示す模式的な断面図であって、図1(b)は磁気ディスクの磁化方向を示す模式的な斜視図である。

【図2】図2(a)は比較例1及び実施例1でフォトマスクに施したエッチングパターンを示す模式的な平面図であって、図2(b)は図2(a)のB部の拡大図である。

#### 【符号の説明】

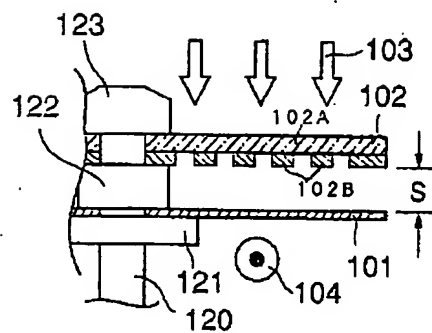
- 1 石英ガラス基板
- 2 エッチング領域
- 101 磁気記録媒体（磁気ディスク）
- 102 フォトマスク
- 103 レーザビーム
- 104 外部磁界
- 120 スピンドル
- 121 ターンテーブル
- 122 スペーサ
- 123 押え板

【図2】

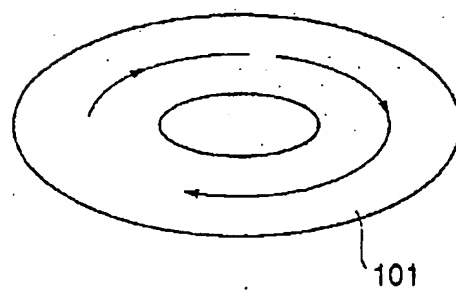


【図1】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 瀬尾 雄三  
 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地  
 三菱化学株式会社横浜総合研究所内

Fターム(参考) 5D091 AA08 BB08 CC30 GG33 JJ25  
 5D112 AA24 DD10